



Bewässerungstechnologie

Einführung – Entwicklung der Bewässerung

Wolfram Spreer

Dozent

Prof. Dr. Wolfram Spreer

Advanced Irrigation Management

✉ wolfram.spreer@hswt.de

☎ +49 9826 654-249

Adresse

R.103
Neuseser Str. 1
91732 Merkendorf



<https://www.hswt.de/person/wolfram-spreer>

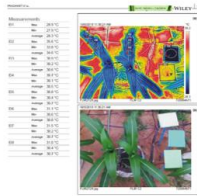
Background

Chiang Mai University, Thailand

Defizitbewässerung Mango

Plant stress monitoring

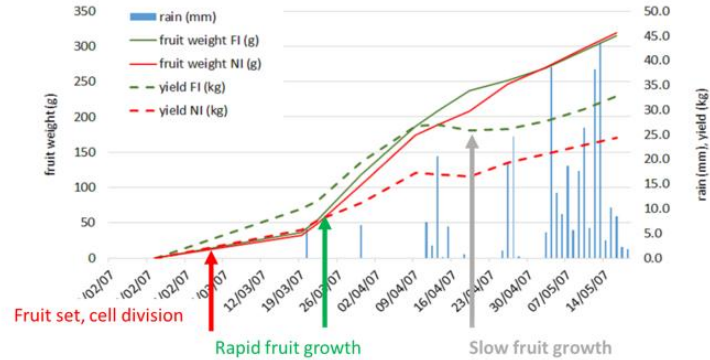
Water status analysis for improved management



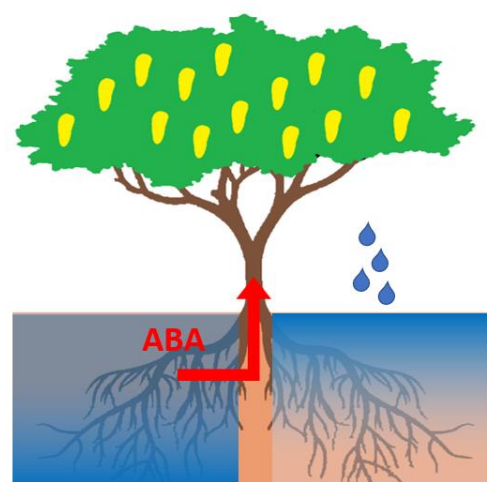
Baseline data on physiological responses



Data acquisition and management



Spreer, Thant et al., 2017



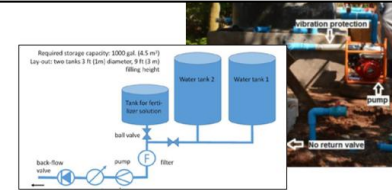
Background

GIZ, Myanmar

World Vegetable Center, Hyderabad, Indien

Promote water-saving technologies with site adapted set-up

Provide training and material for irrigation planning



Promote deficit irrigation on watershed scale



Greenhouse nursery for production of healthy seedlings



Applying appropriate cropping techniques, a sustainable tomato production on the Inle Lake is possible



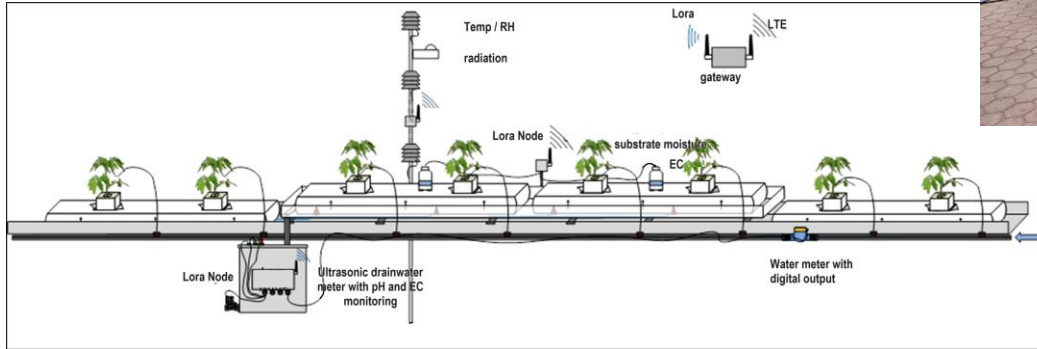
Tomato production on the Inle Lake before...



... and after the introduction of improved cropping techniques

Environmental Footprints of Tunisian Processing Tomato using Soiless Geothermal Multi-tunnel Greenhouses in an arid Climate (ENHANCE)

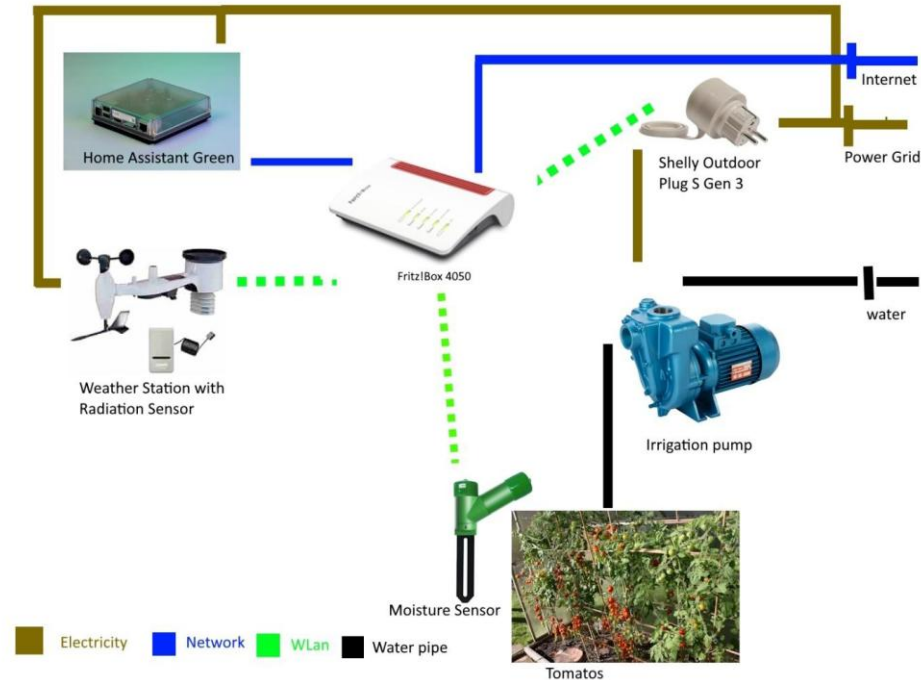
- Echtzeiterfassung von Wasserfußabdruck
- Sensornetzwerk
- Wassereinsparung durch Defizitbewässerung



<https://www.hswt.de/forschung/projekt/2176-enhance>

Low-cost irrigation control

- Bewässerungssteuerung über Home assistant (IoT)
- Vergleichende Tests in Triesdorf, Freising, Thailand, Tunesien



Inhalte der Vorlesung

Montag, 16. März 2026	Einführung	
Donnerstag, 19. März 2026	Wasser im Boden	
Montag, 23. März 2026	Der Boden als Wasserspeicher, Drainage	
Donnerstag, 26. März 2026	Analyse des Wasserhaushalts eines Standorts	Übung
Montag, 30. März 2026	Wasser in der Pflanze	
Donnerstag, 9. April 2026	Wasserstress	
Montag, 13. April 2026	Wasser in der Atmosphäre: Wetter / Klima	
Donnerstag, 16. April 2026	Berechnung der klimatischen Wasserbilanz	
Montag, 20. April 2026	Analyse der klimatischen Wasserbilanz eines Standorts	Übung
Donnerstag, 23. April 2026	Bewässerungsplanung	Übung
Montag, 27. April 2026	Wasserspeicherung und Bereitstellung	
Donnerstag, 30. April 2026	Strömungstechnische Grundlagen	
Montag, 4. Mai 2026	Wasserhebung, Pumpen	
Donnerstag, 7. Mai 2026	Wasserhebung, Pumpen	
Montag, 11. Mai 2026	Wassertransport in Gerinnen und Rohrleitungen	
Montag, 18. Mai 2026	Bewässerungstechniken, Ursprung und Entwicklung	
Donnerstag, 21. Mai 2026	Beregnung, Grundlagen, Einsatz	
Donnerstag, 28. Mai 2026	Beregnungsmaschinen, Auslegung	
Montag, 1. Juni 2026	Lokalisierte Bewässerung, Grundlagen, Einsatz	
Montag, 8. Juni 2026	Lokalisierte Bewässerung, Systemkomponenten	
Donnerstag, 11. Juni 2026	Lokalisierte Bewässerung, Auslegung	Übung
Montag, 15. Juni 2026	Lokalisierte Bewässerung, Steuerung und Automatisierung	
Donnerstag, 18. Juni 2026	Bewässerung im geschützten Anbau	
Montag, 22. Juni 2026	Der Wert des Wassers	
Donnerstag, 25. Juni 2026	Wasserfußabdruck	
Montag, 29. Juni 2026	Bewässerungsbedarf und Bewässerungswürdigkeit	
Donnerstag, 2. Juli 2026	Klimawandel und Auswirkungen auf die Landwirtschaft, Probleme und Herausforderungen weltweit	
Montag, 6. Juli 2026	Perspektiven zur nachhaltigen Wassernutzung in der Landwirtschaft	
Donnerstag, 9. Juli 2026	Wrap-up, Rückfragen	

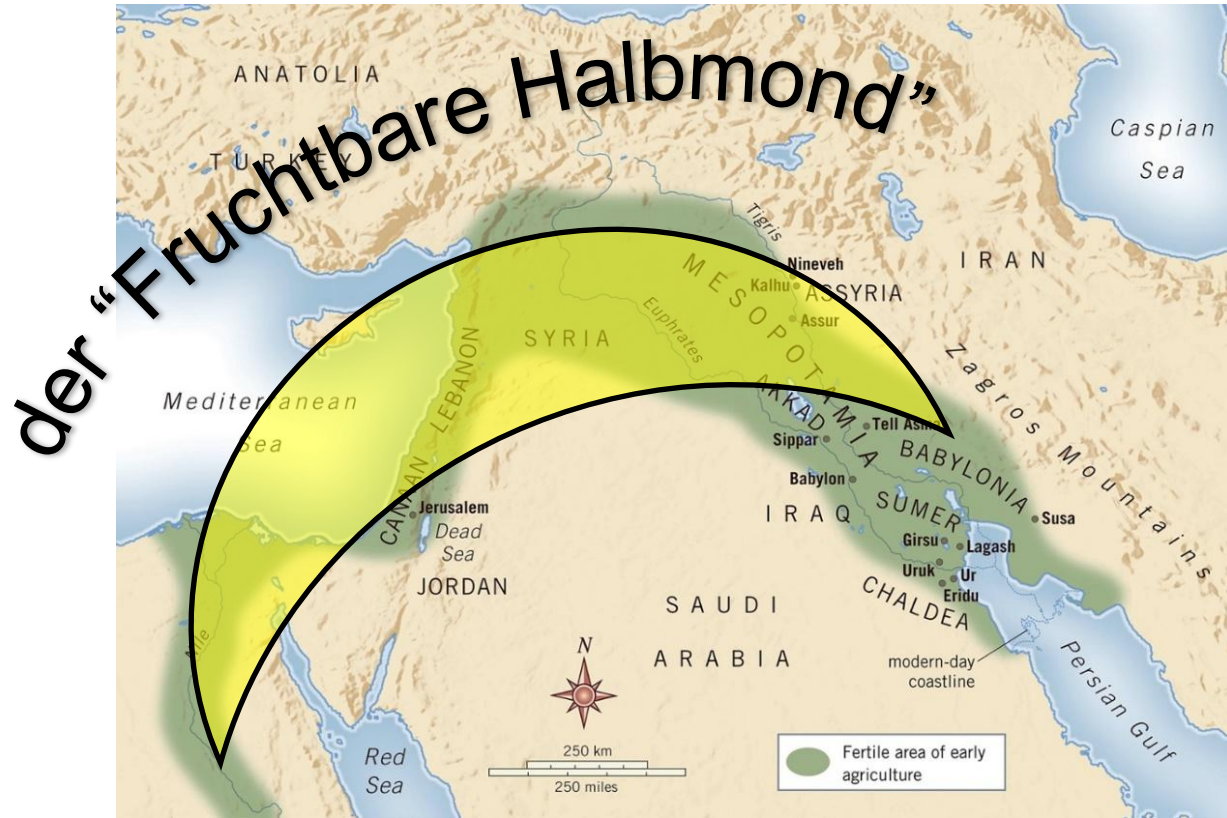
Wassernutzung hat Zivilisation geformt

Wasser war seit jeher wichtig:

- Trink- und Tränkwasser
- Hygiene
- Transport
- Kriegsführung
- Energie
- Industrie
- Kunst / Freizeit
- Landwirtschaft

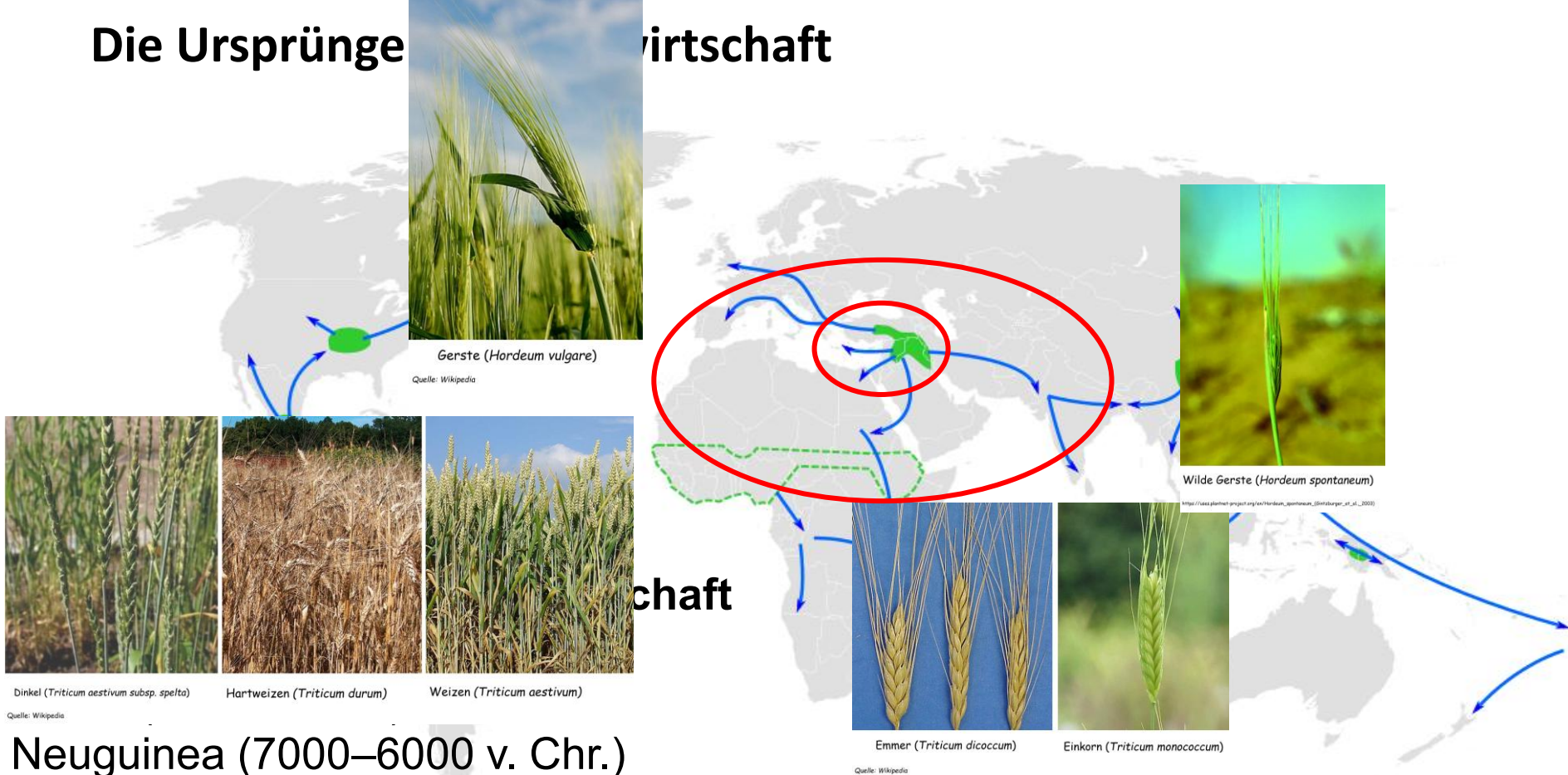


Die Neolithische Revolution



Die Ursprünge

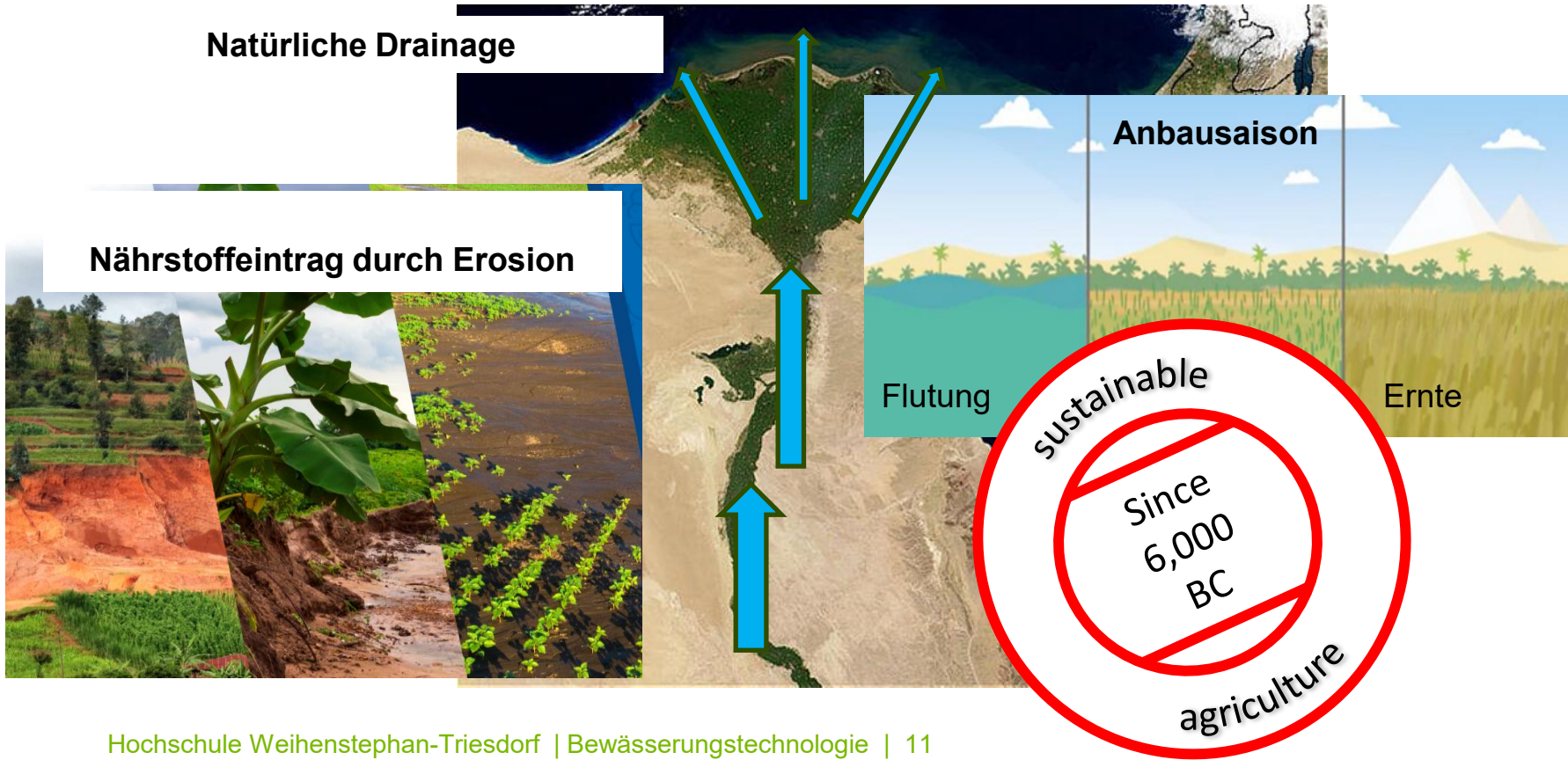
Wirtschaft



Neuguinea (7000–6000 v. Chr.)

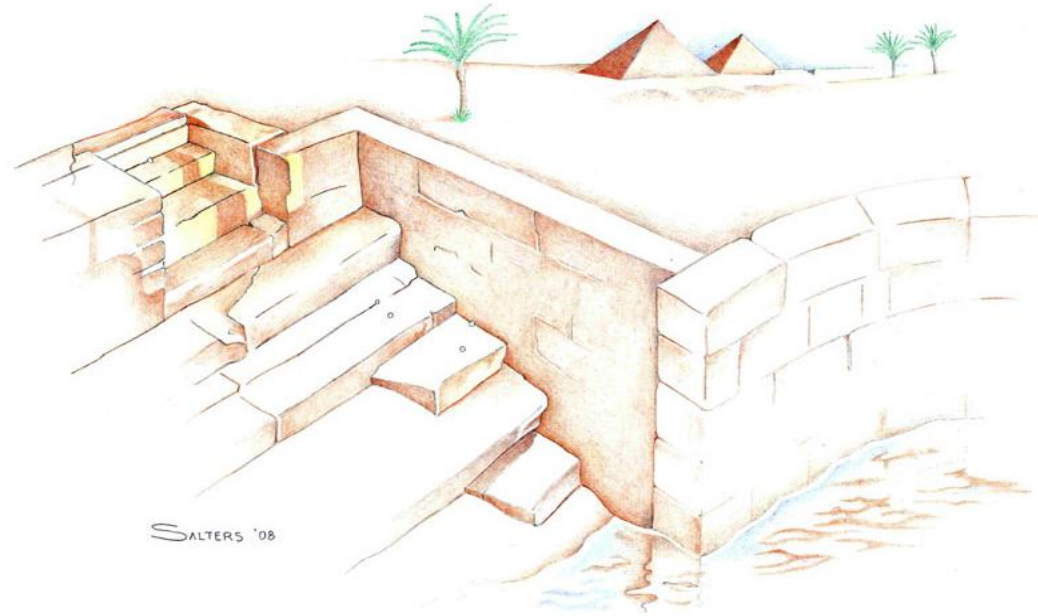
Mittel- und Südamerika (3000–2000 v. Chr.)

Nilfluten, Grundlage für Landwirtschaft



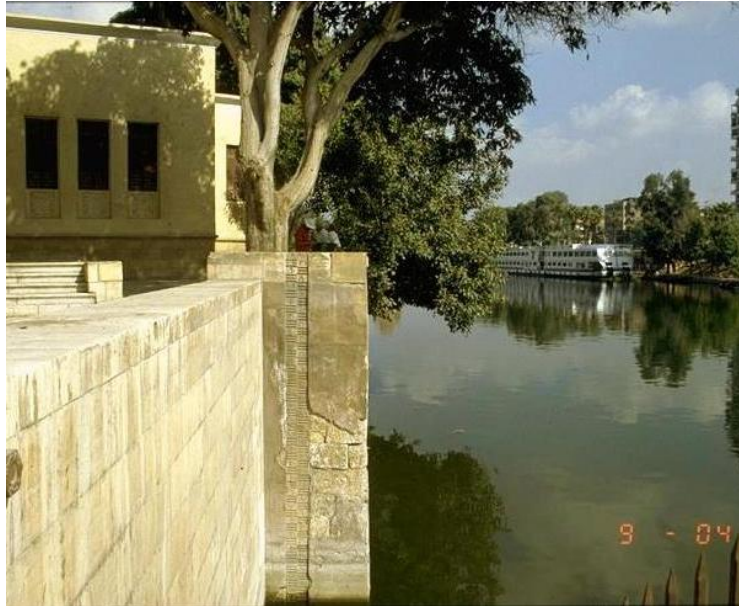
“Nilometer“

- Naturbeobachtung
- Mystische Vorhersage

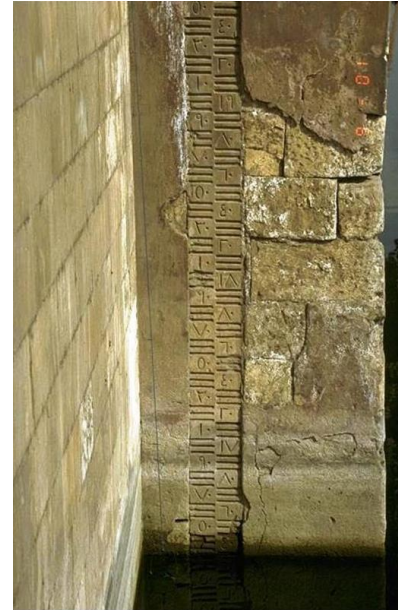


<http://www.irrigationmuseum.org>

“Nilometer“



Müller, Hohenheim



Wasserrecht, Mesopotamien 1792-1750 v. Chr.

Der babylonische König Hammurabi hat als erster Nutzungsrechte für Wasser festgelegt



Wasserzuteilung nach Ackerfläche

Bauern müssen beim Unterhalt der Kanalinfrastruktur mitwirken

Partizipation der Nutzer bei der Verwaltung

Mesopotamie



Mesopotamien

The *Babylonian* Agriculture depended on irrigation. The sources of the water were the Tigris and the Euphrates, two wild rivers, when compared to the mild Nile. The men of Mesopotamia had to be of such strength, vigor and patience to be able to control them. They did not waste time building flood protection dykes; or when such dykes breached, they did not lose hope and did their best and started all over again. The two rivers changed their courses many times during the *Sumerian* and the *Babylonian* periods; again, this meant building new canals and shifting their cities every time such an event occurred.

Adamo and Al-Ansari, 2020

Nachhaltigkeit in der Bewässerung seit altersher

Ägypten

- Periodische Flutung
- Wasser und Nährstoffe
- Natürliche Drainage durch das Nildelta

**Nachhaltiges System über
Jahrhunderte**

Mesopotamien

- Kanalsystem
- Wechselnde Wasserläufe
- Unzureichende Drainage

**Probleme mit Wassernutzung und
Versalzung**

Wie kann die Wassernutzung in der Landwirtschaft optimiert werden?



Bewässerungsplanung



Technologie



Wasserspeicherung
- Aufbereitung

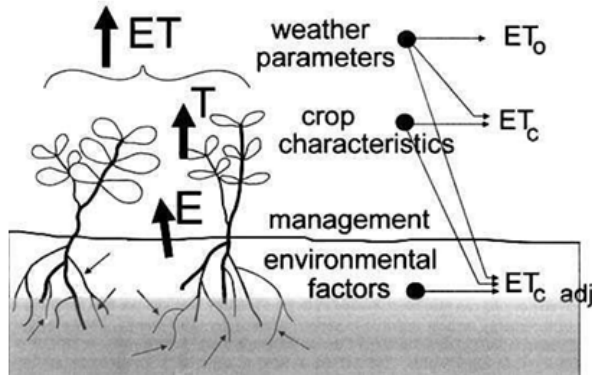
Inhalte der Vorlesung

Montag, 16. März 2026	Einführung	
Donnerstag, 19. März 2026	Wasser im Boden	
Montag, 23. März 2026	Der Boden als Wasserspeicher, Drainage	
Donnerstag, 26. März 2026	Analyse des Wasserhaushalts eines Standorts	Übung
Montag, 30. März 2026	Wasser in der Pflanze	
Donnerstag, 9. April 2026	Wasserstress	
Montag, 13. April 2026	Wasser in der Atmosphäre: Wetter / Klima	
Donnerstag, 16. April 2026	Berechnung der klimatischen Wasserbilanz	
Montag, 20. April 2026	Analyse der klimatischen Wasserbilanz eines Standorts	Übung
Donnerstag, 23. April 2026	Bewässerungsplanung	Übung

Wasser im Boden-Pflanze-Atmosphäre Kontinuum

Evapotranspiration ET

- E Evaporation passive Wasserverdunstung einer Bodenoberfläche
- T Transpiration aktive Wasserverdunstung einer Pflanze
- T_0 potentielle Transpiration einer Referenzpflanze
- T_c potentielle Transpiration einer Pflanze c
- ET_0 potentielle Evapotranspiration
- $ET_{c \text{ adj}}$ tatsächliche Evapotranspiration eines Pflanzenbestandes



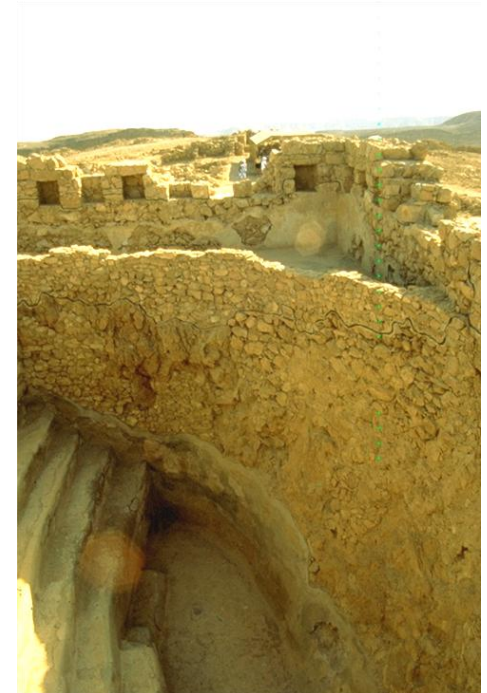
<http://www.fao.org/3/X0490E/x0490e00.htm#Contents>

FAO IDP 56

Rainwater harvesting



Masada
Zisterne, Nutzung von Tau (?)



Rainwater harvesting

Basilica Zisterne, Istanbul



Rainwater harvesting



Meghalaya, Indien

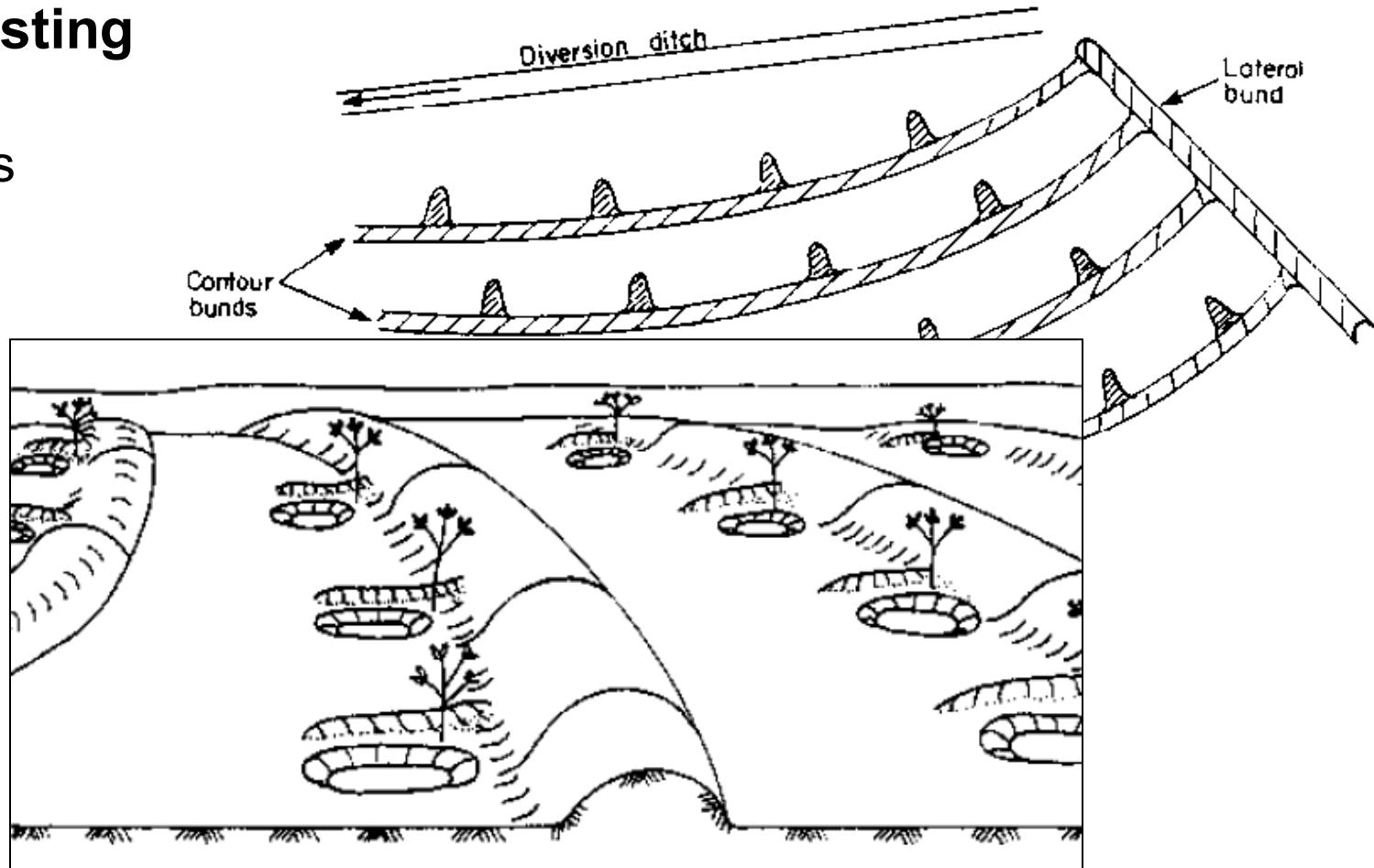


Wasserspeicherung

- Wasserspeicherung ist notwendig
 - Um Knappheit zu überbrücken
 - Nutzung zeitweise verfügbarer Ressourcen
 - Für den geschützten Anbau: Speicherung Wasser guter Qualität
- Tanks und bedeckte Speicherbecken sind teuer
- Verdunstung und Verschmutzung in offenen Speicherbecken

Water harvesting

Contour bunds for trees



Water harvesting

Check dams to increase the infiltration and prevent erosion



Small check dam,
Thailand



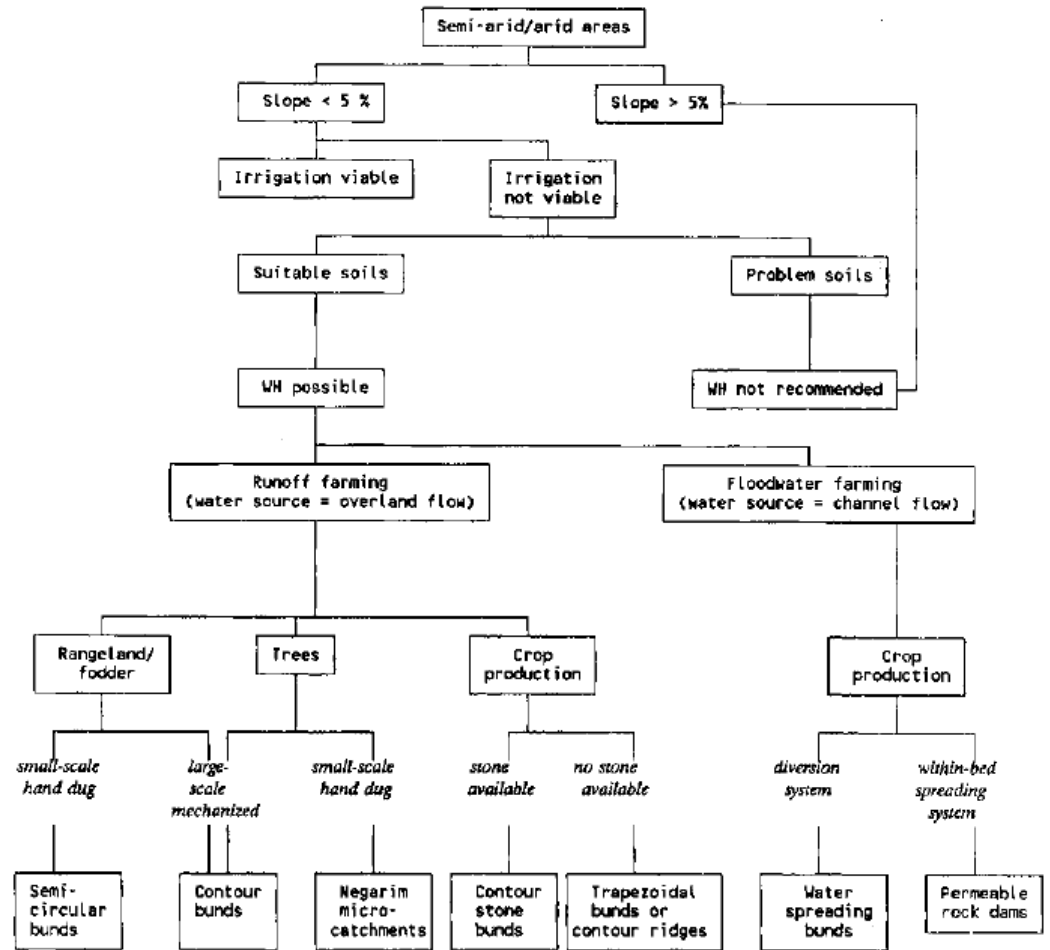
Permanent check dam,
Austria



Temporary check dam

Rainwater harvesting

Nutzung des Bodens als Wasserspeicher



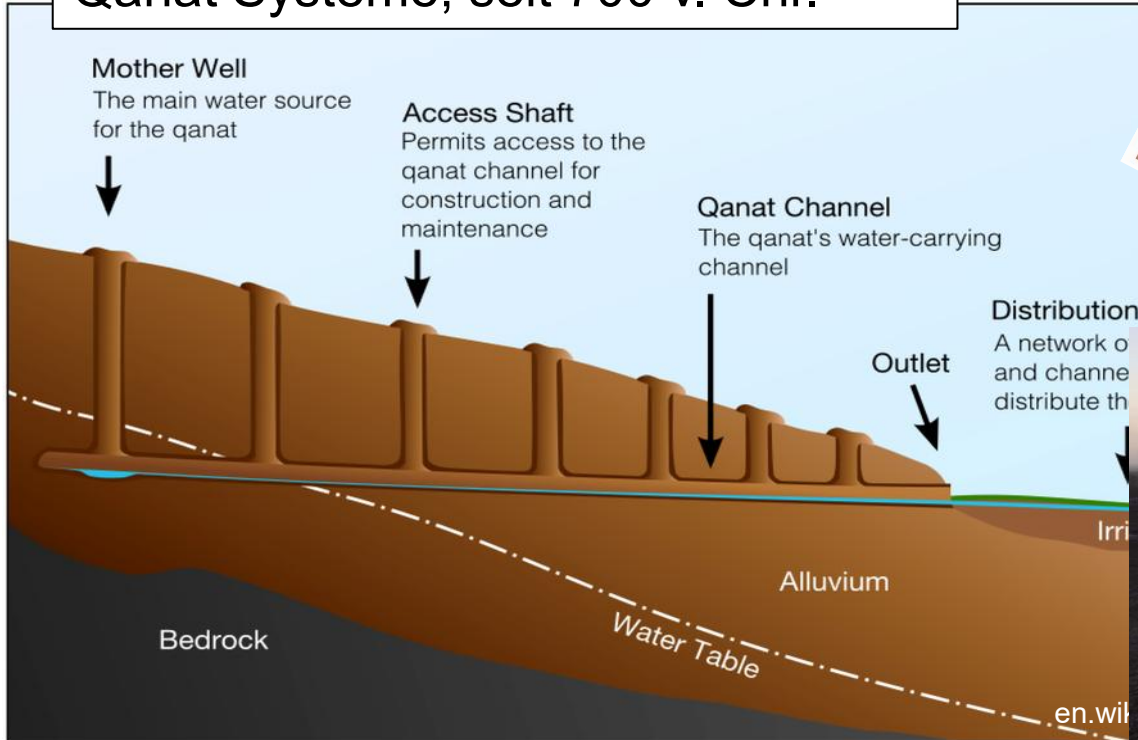
Will Critchley W, Siegert K, Chapman C (1991) A Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production, FAO Rome,
<http://www.fao.org/docrep/U3160E/u3160e00.HTM>

Inhalte der Vorlesung

Montag, 27. April 2026	Wasserspeicherung und Bereitstellung	
Donnerstag, 30. April 2026	Strömungstechnische Grundlagen	
Montag, 4. Mai 2026	Wasserhebung, Pumpen	
Donnerstag, 7. Mai 2026	Wasserhebung, Pumpen	
Montag, 11. Mai 2026	Wassertransport in Gerinnen und Rohrleitungen	
Montag, 18. Mai 2026	Bewässerungstechniken, Ursprung und Entwicklung	
Donnerstag, 21. Mai 2026	Beregnung, Grundlagen, Einsatz	
Donnerstag, 28. Mai 2026	Beregnungsmaschinen, Auslegung	
Montag, 1. Juni 2026	Lokalisierte Bewässerung, Grundlagen, Einsatz	
Montag, 8. Juni 2026	Lokalisierte Bewässerung, Systemkomponenten	
Donnerstag, 11. Juni 2026	Lokalisierte Bewässerung, Auslegung	Übung
Montag, 15. Juni 2026	Lokalisierte Bewässerung, Steuerung und Automatisierung	
Donnerstag, 18. Juni 2026	Bewässerung im geschützten Anbau	

Technologien zur Wasserbereitstellung

Qanat Systeme, seit 700 v. Chr.



Wasserleitungen aus Blei

- Wasserrohre aus Blei im antiken Rom
- Noch im Englischen gebräuchlich:
“*plumbum*“ -> *plumbing*
- Kapazität nicht ausreichend für die
Nutzung in der Bewässerung



Technologien zur Wasserbereitstellung

<https://youtube.com/shorts/Kqf2tA-b-ko?si=LPEXJ5S0i3bSj54h>



Aquädukte

Die “*Aqua Appia*” ist die älteste bekannte
Brauchwasserleitung (312 v. Chr.)

Römische Ingenieure konnten Gefälle von
0,5% über hunderte Kilometer herstellen.



Aquädukte



Aquädukte



Hampi (Vijayanagar), Indien



Aquädukte



Bei der Talquerung hat sich am Prinzip nichts geändert...

Die Ursprünge der Landwirtschaft



„Langkornreis“ (*O. sativa indica*) Süd- und Südost Asien

Basmati (Indien), Hom Mali, Jasminreis (Thailand)

„Rundkornreis“ (*O. sativa japonica*) Ostasien

Selenio „Sushireis“(Japan)

Surface irrigation and rice paddies

Nassreisanbau in China möglicherweise seit 4000 v. Chr.



Cao Z et al. (August 2010). ["Origin and chronosequence of paddy soils in China"](#). *Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science*: 39–42

Oberflächenbewässerung

noun



稻田

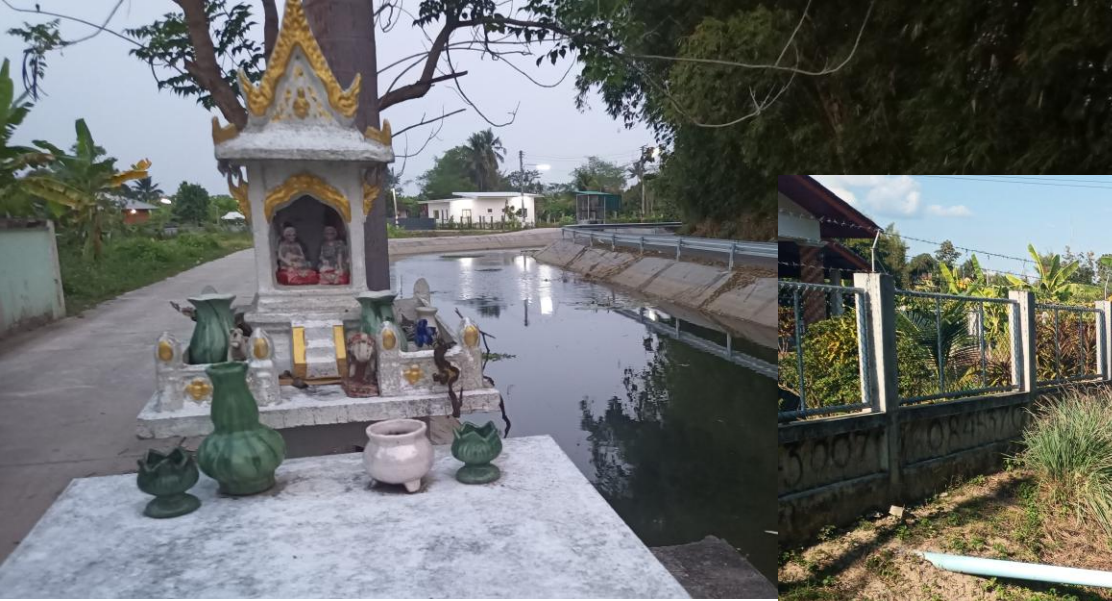
paddy, paddy field, ricefield

麦田

wheat field



Oberflächenbewässerung

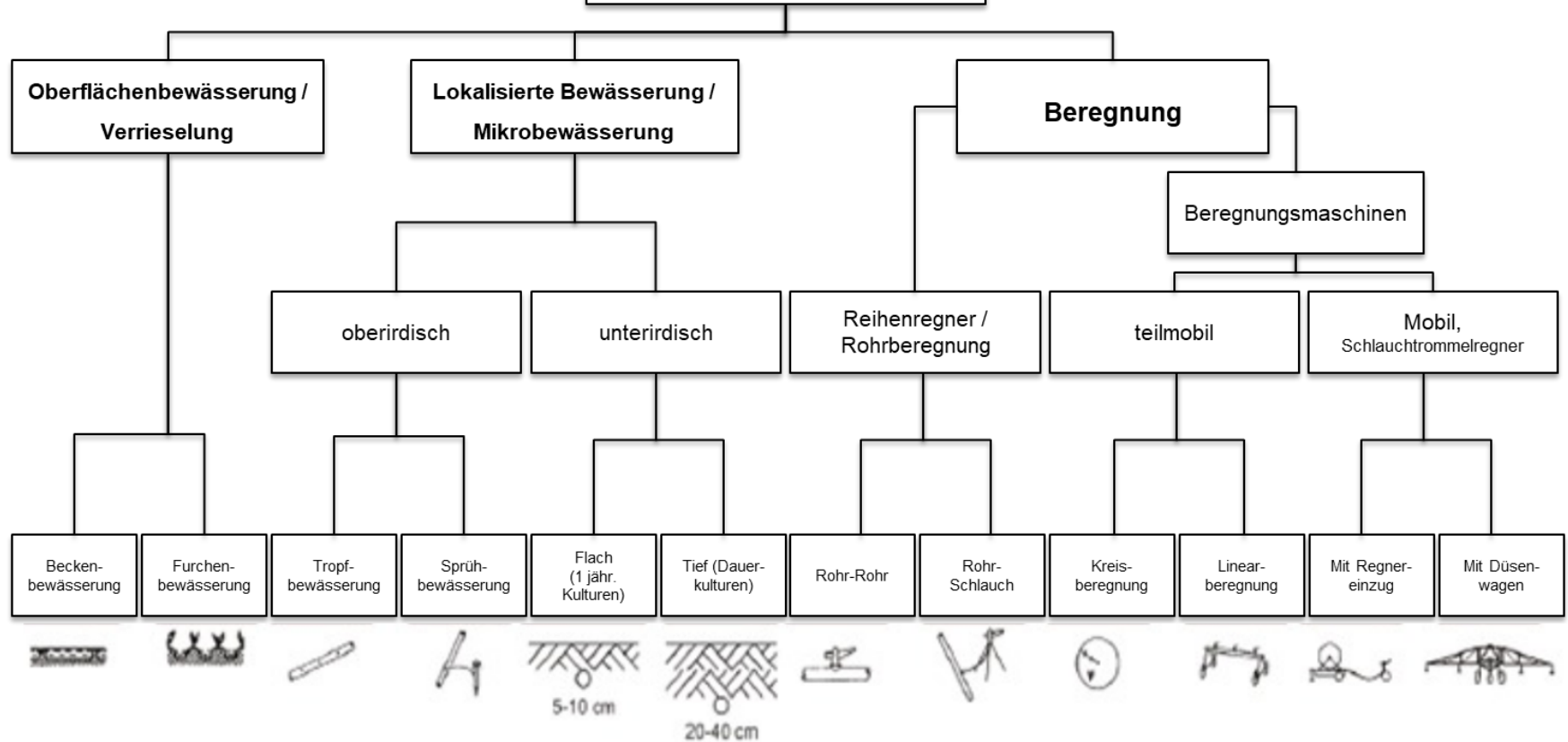


Paddy-Reisanbau

Probleme mit der Nachhaltigkeit im Nassreisanbau (Paddy)

- Hoher Wasserverbrauch
- Emission von Methan
- Zunehmende Abhängigkeit von Agrochemikalien in der kleinbäuerlichen Landwirtschaft

Bewässerungsverfahren



Moderne Oberflächenbewässerung



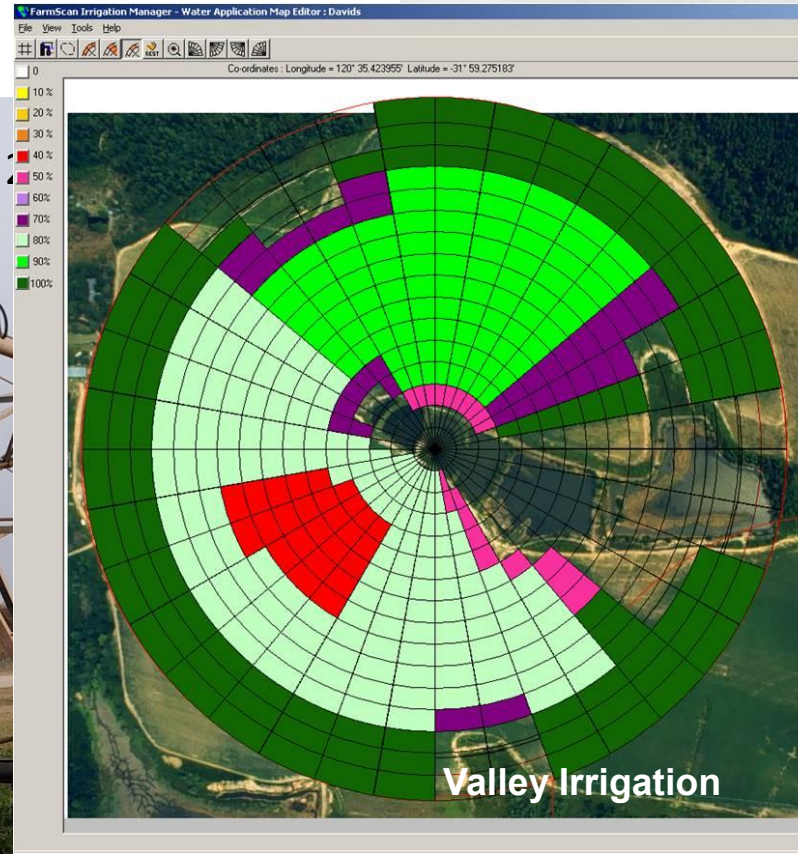
Beregnung

- Rasensprinkler gibt es seit dem späten 19. Jhd



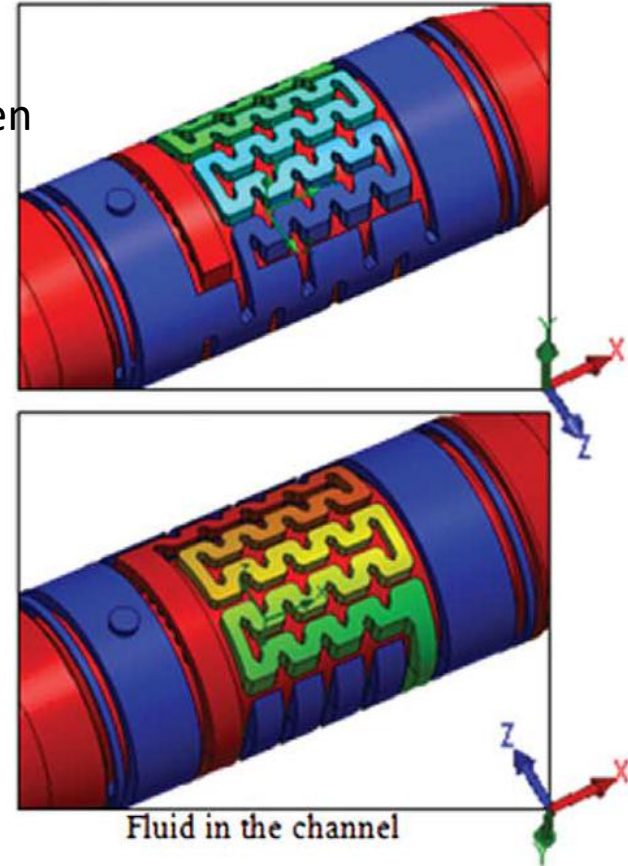
Berechnung

Berechnungsmaschinen seit Mitte des 20. Jahrhunderts



Lokalisierte Bewässerung

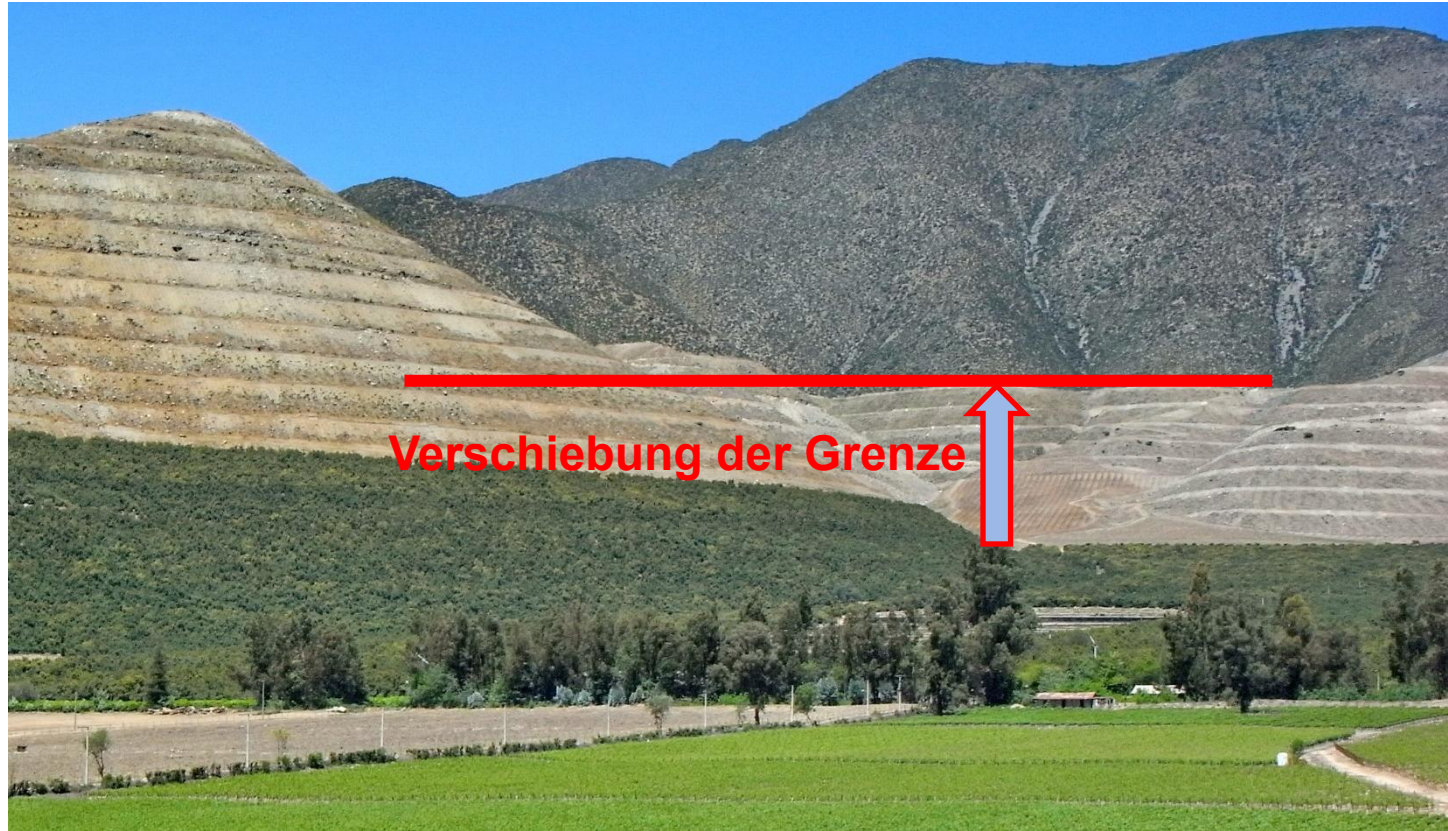
Tropfbewässerung zur Reduzierung von Verdunstungsverlusten



Lokalisierte Bewässerung: Mikroregner im Gartenbau



Lokalisierte Bewässerung



Fertigation im geschützten Anbau



Nutzungsgrad verschiedener Bewässerungsmethoden

	Pflanzen- verfügbar	Evaporation + Interzeption	Drift	Versickerung	Run-off
Oberflächenbewässerung	%	%	%	%	%
Beckenbewässerung	30 - 45	20 - 30	---	20 - 40	---
Furchenbewässerung	35 - 60	10 - 20	---	10 - 30	20 - 30
Furchenbewässerung mit Drainagewassernutzung	75 - 90	10 - 20	---	10 - 30	---
Beregnung					
Rohrberegnung	60 - 80	10 - 20	5 - 10	10 - 30	0 - 5
Kreisberegnung	60 - 85	10 - 20	5 - 10	10 - 30	0 - 5
Schlauchtrommelregner	55 - 70	10 - 20	5 - 10	20 - 35	0 - 10
Precision system	80 - 95	0 - 10	0 - 10	2 - 10	0
Mikrobewässerung					
Tropfbewässerung	80 - 98	0 - 2	--	2 - 15	0
Sprühbewässerung	80 - 90	5 - 10	0 - 5	2 - 15	0

Evans, 2010; Uddin, 2012; Tsegaye, 1993

Inhalte der Vorlesung

Montag, 22. Juni 2026	Der Wert des Wassers	
Donnerstag, 25. Juni 2026	Wasserfußabdruck	
Montag, 29. Juni 2026	Bewässerungsbedarf und Bewässerungswürdigkeit	
Donnerstag, 2. Juli 2026	Klimawandel und Auswirkungen auf die Landwirtschaft, Probleme und Herausforderungen weltweit	
Montag, 6. Juli 2026	Perspektiven zur nachhaltigen Wassernutzung in der Landwirtschaft	
Donnerstag, 9. Juli 2026	Wrap-up, Rückfragen	

- In Deutschland entfallen 1,4 % des gesamten Wasserverbrauchs auf die Landwirtschaft.
- Der Wasserverbrauch hat sich von 2002 bis 2018 fast verdreifacht ($0,14 \text{ km}^3$ auf $0,36 \text{ km}^3$) – laut FAO deckt das nicht den Bedarf von $0,48 \text{ km}^3/\text{a}$ (FAO-Aquastat 2022)
- Nur 1,97 % der landwirtschaftlichen Fläche werden bewässert
- 91,9 % sind mit Sprinklerbewässerung ausgestattet, nur 0,9 % mit lokalisierter Bewässerung (FAO-Aquastat 2022)



Wasserressourcen

Wasser

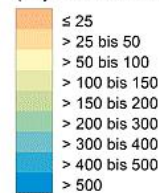
Elektrische Leitfähigkeit (25 °C) im Grundwasser Höchstwert an Messstellen im Jahr 2017



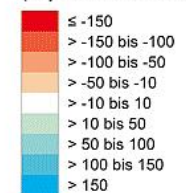
Wasserressourcen



**Grundwasserneubildung
1971-2000**
in mm/a
(Bayernweites Mittel: 186 mm/a)



**Absolute Abweichung
2009-2018 zu 1971-2000**
in mm/a
(Bayernweites Mittel: -33 mm/a)



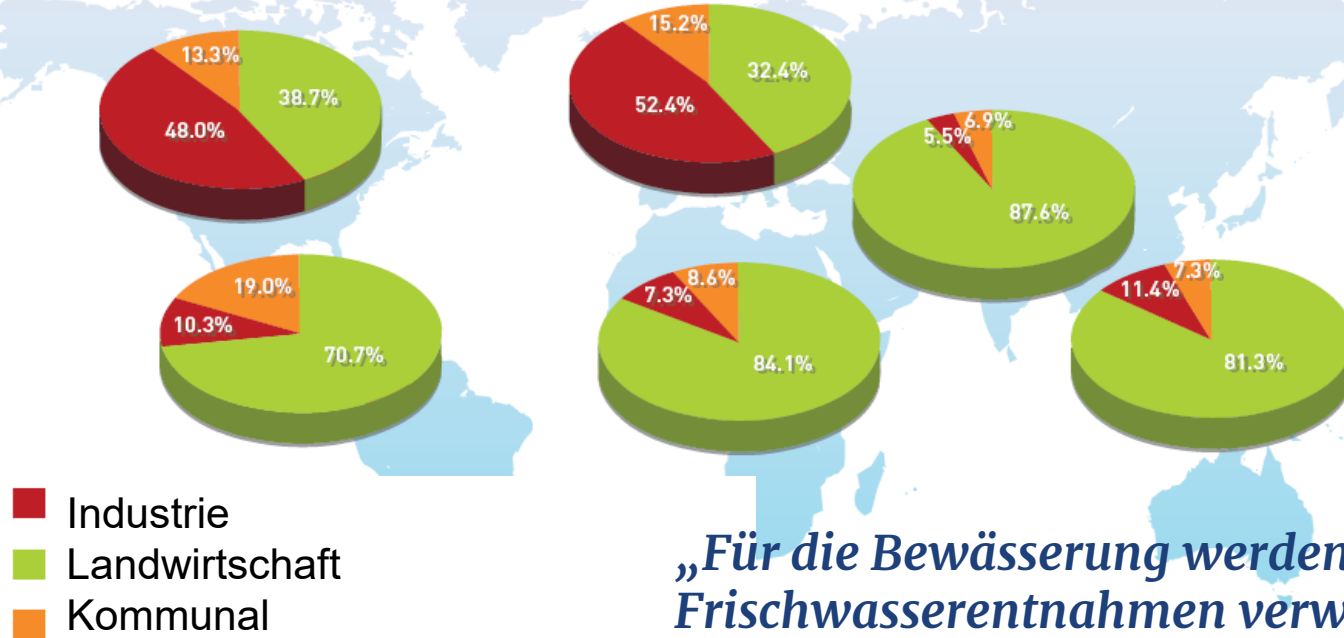
Hof Sitz Wasserwirtschaftsamt
Grenze Amtsbezirk
Wasserwirtschaftsamt

0 50 100 km

Fachdaten:
Berechnung mit dem Modell GWN-BW
unter Verwendung der Landnutzung
CORINE 2012 und der Bodenkarte
UBK25

- Keine Abnahme der Gesamtniederschlagsmenge
- Erratische Niederschlagsereignisse
- Längere Trockenperioden

Wasserverbrauch nach Sektoren



„Für die Bewässerung werden 72% aller Frischwasserentnahmen verwendet.“

FAO, 2008

FAO, 2021

Rainwater harvesting



Rainwater harvesting



Gibraltar



Wasserkonflikte

A man in the West will fight over three things:

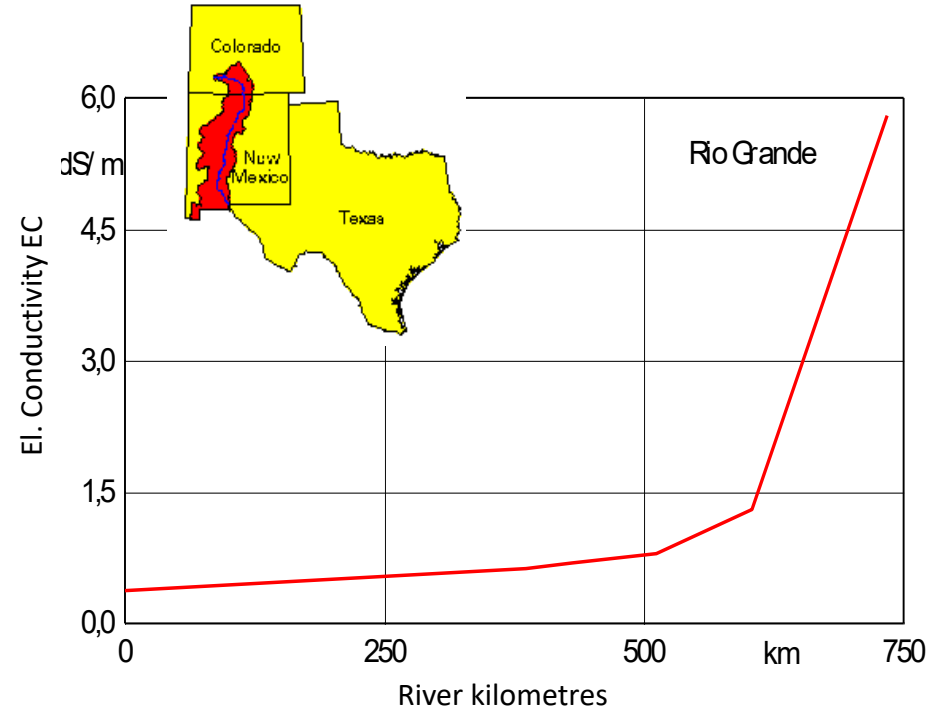
- Water
- Women
- ... and gold

and normally in that order

B. Goldwater, Sen. Arizona

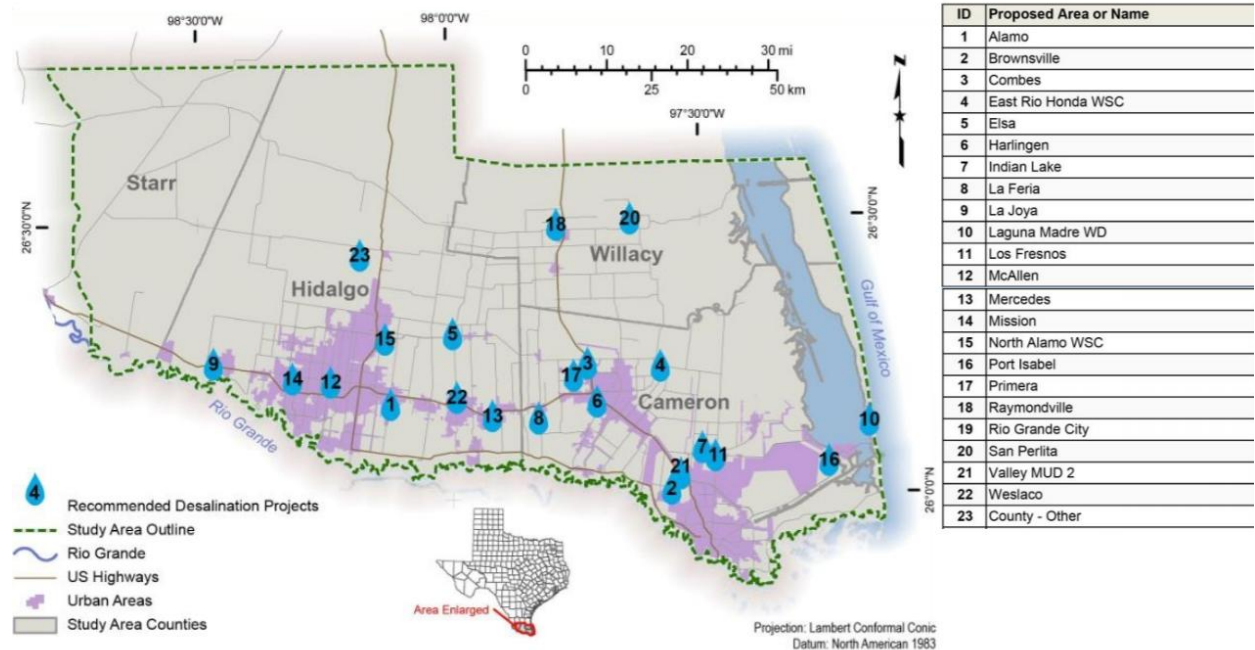
Grenzübergreifende Wasserkonflikte

- USA und Mexiko teilen die Flusssysteme von Colorado und Rio Grande
- In Mexiko ist Wassernutzung zentral organisiert, in den USA sind Wasserrechte an Landbesitz gebunden
- Die bewässerte Fläche nimmt im 20. Jhd auf beiden Seiten um 60% zu



Grenzübergreifende Wasserkonflikte

Beilegung des Konflikts durch Entsalzung



Wasserressourcen

Entsalzung

Verdunstung, Filterung

Energieverbrauch: 10 kWh/m³

– > 1 L Öl pro 1000 L entsalztes Wasser

Anfall von Salzlauge

<https://www.youtube.com/watch?v=bfr82RB72U8&list=PPSV>

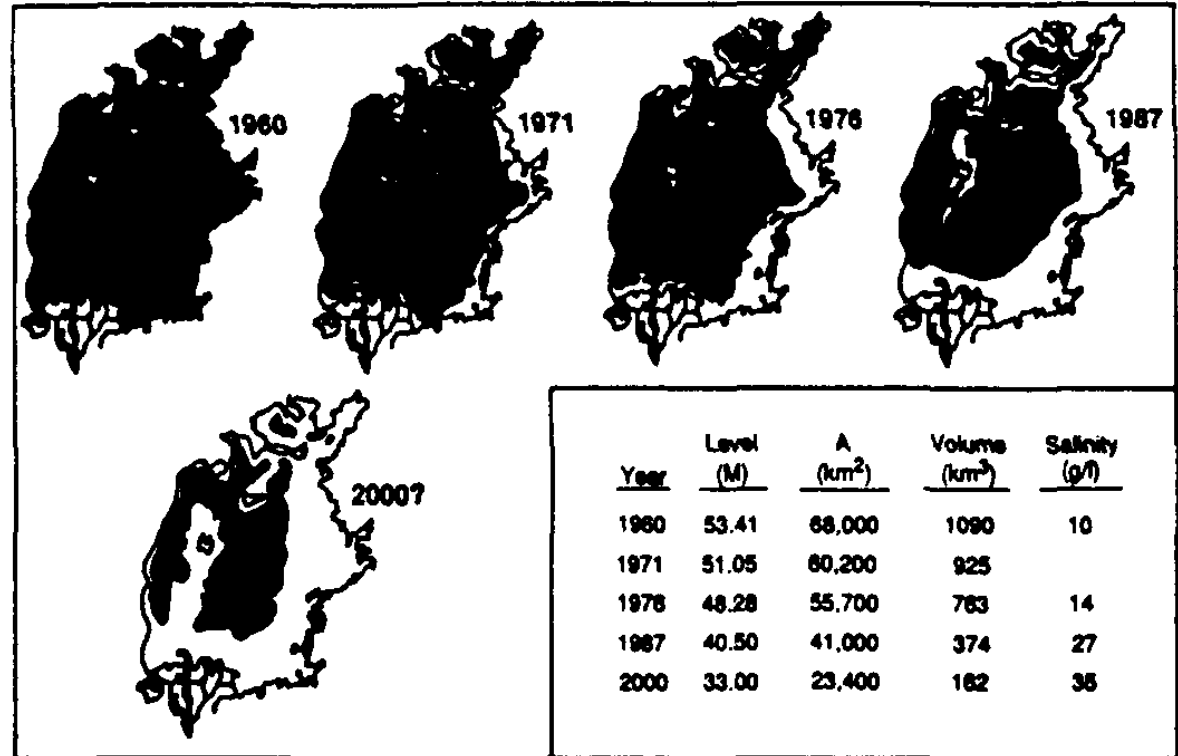


Jubail, Saudi Arabien, 2005

Übernutzung natürlicher Ressourcen

Die Katastrophe des Aralsees:

Die Prognose



Micklin, 1988

Übernutzung natürlicher Ressourcen



July – September, 1989



August 12, 2003



August 16, 2009



Google Maps, 2025

<https://jtlimnology.wikispaces.com/University+Biologist>

Übernutzung natürlicher Ressourcen



https://www.klett.de/sixcms/media.php/427/bewaesserung_aral.jpg



- Zufluss: Amu-Darja und Syr-Darja
- Einführung bewässerten Baumwollanbaus unter Stalin (1950er)
- Intensivierung nach Annäherung Ägypten – USA (1970er)
- Oberflächenbewässerung
- Niedrige Effizienz

Übernutzung natürlicher Ressourcen



<http://io9.com/5625615/dead-lakes-dying-seas-human-made-natural-disasters>

Nutzen der Bewässerung

- Reisanbau
- Mehrere Ernten
- Höhere Erträge
- Höherwertige Kulturen
- Überbrückung von Trockenperioden (Ertragssicherung)
- Urbarmachung
- Geschützter Anbau



**Weltweit werden 20% der landwirtschaftlichen Fläche bewässert.
Auf dieser Fläche werden 40% der Nahrungsmittel produziert.**

FAO. 2021. *The state of the world's land and water resources for food and agriculture – Systems at breaking point. Synthesis report 2021.* Rome.
<https://doi.org/10.4060/cb7654en>

DANKE

für die Aufmerksamkeit!

*Applied Sciences
for Life*